

## Beschreibung

### Tribologisches Faserverbundbauteil

Die Erfindung bezieht sich auf ein tribologisches Faserverbundbauteil, insbesondere in Form einer Brems- oder Kupplungsscheibe.

Ein Faserverbundbauteil in Form eines Gitters ist der DE 199 57 906 A1 zu entnehmen. Bei dem bekannten Faserverbundbauteil handelt es sich im Wesentlichen um ein Gitter, das in den Kreuzungspunkten gleiche oder im Wesentlichen gleiche Materialstärke bzw. einen gleichen oder im Wesentlichen gleichen Faservolumengehalt wie in den angrenzenden Abschnitten aufweist. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass das Gitter über seine gesamte Fläche eine gleiche Stärke aufweist.

Aus dem Prospekt DE. Z.: „Beanspruchungsgerechte Preformen für Faserverbund-Bauteile“, Institut für Polymerforschung Dresden e. V., März 1998, werden beanspruchungsgerechte Preformen für Faserverbundbauteile vorgeschlagen, die in Tailored Fiber Placement – Technologie (TFP-Technologie) herstellbar sind. Mit dieser Technologie können Verstärkungsfasern auf Textilhalbzeuge oder Folien in großer Mustervielfalt aufgelegt werden. Durch mehrmaliges Übereinandernähen sind verschiedene Materialdicken möglich. Dabei sind tiefziehfähige und/oder 3D-verstärkende Preformen herstellbar, die zur Weiterverarbeitung in eine Kunststoffmatrix eingebettet werden, um durch Infiltration und Härten ein CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) -Bauteil zu erhalten.

In der DE 199 32 274 A1 wird ein Faserverbundwerkstoff und ein Verfahren zu seiner Herstellung beschrieben. Dabei enthält der Faserverbundwerkstoff eine duomere Matrix und Verstärkungsfasern, die in ihrer inneren Lage eine hohe Haftung und in ihren äußeren Lagen keine Haftung zu der duomeren Matrix aufweisen. Durch diese Maßnahmen ist die Möglichkeit gegeben, dass der äußere Bereich des CFK-Faserverbundwerkstoffs höhere Belastungen aufnehmen kann als der innere.

Um Faser-Kunststoff-Verbundwerkstoffe kontinuierlich und bauteil- bzw. prozessorientiert herzustellen, wird nach der DE 100 05 202 A1 vorgeschlagen, dass Faserbündel auf einer Legeeinheit abgelegt und durch beliebig orientierte Nähte fixiert werden.

Preformen durch Weben bzw. Nähen herzustellen, ist aus der Literaturstelle US.Z.: BROSLUS, D., CLARKE, S.: Textile Preforming Techniques for Low Cost Structural Composites. In: Advanced Composite Materials New Developments and Applied Conference Proceedings, Detroit, Michigan, USA, Sept. 30 – Okt. 3, 1991, bekannt, wobei die Preformen eine Anisotropie aufweisen können.

Aus der DE 197 16 666 A1 ist ein beanspruchungsgerechtes Verstärkungsgebilde bekannt, das ein Grundmaterial aus einem Gewebe, Vlies oder einer Folie mit in gerader oder radialer oder in anderer Richtung verlaufenden Verstärkungsfasern aufweist, um ein CFK-Bauteil herzustellen.

Ein CFK-Faserverbundteil für eine Kraftfahrzeugbodengruppe ist aus der DE 196 08 127 A1 bekannt.

Für die Raumfahrt oder den Flugzeugbau bestimmte faserverstärkte Verbundbauteile nach US 5,871,604 weisen kurze Fasern in der Matrix und längere Fasern als Verstärkungsmaterial auf.

Ein Verfahren zur Herstellung eines C/C Verbundkörpers mit einer inneren Schicht und einer unterschiedlichen äußeren Schicht wird in der EP 0 806 285 B1 beschrieben.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein tribologisches Faserverbundbauteil insbesondere in Form einer Brems- oder Kupplungsscheibe so weiterzubilden, dass dieses bei geringem herstellungstechnischem Aufwand hohen Belastungen standhält. Auch soll ein tribologisches Faserverbundbauteil zur Verfügung gestellt werden, das mit geringem Verschnitt herstellbar ist.

Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen gelöst durch ein tribologisches Faserverbundbauteil insbesondere in Form einer Brems- oder Kupplungsscheibe unter Verwendung zumindest einer Struktur mit zumindest einer beanspruchungsgerechte Faserablage aufweisenden TFP-Preform, wobei die Struktur durch Materialabscheidung aus der Gasphase stabilisiert und/oder mit einem Monomeren und/oder Polymeren versehen, gehärtet und pyrolysiert ist, wobei insbesondere Bereiche der TFP-Preform in ihrem Faservolumen und/oder ihrer Ablagedichte und/oder ihren Faserlängen und/oder ihrer Faserverlegerichtung voneinander abweichen.

Anstelle der Verwendung einer aus zumindest einem Monomer und/oder einem Polymer bestehenden Matrix und anschließendem Härten und Pyrolysieren kann eine Stabilisierung der Struktur auch durch Material- wie Kohlenstoffabscheidung aus der Gasphase z. B. mittels CVD (Chemical Vapor Deposition) und/oder CVI (Chemical Vapor Infiltration) erfolgen. Eine SiC- oder B<sub>4</sub>C- oder Si-Abscheidung kommt gleichfalls in Frage. Auch besteht die Möglichkeit einer Vorstabilisierung mittels z. B. CVI und anschließender Infiltration mit einem Monomer und/oder Polymer mit anschließendem Härtings- und Pyrolyseschritt.

Erfindungsgemäß wird ein faserverstärkter Kohlenstoff- oder Keramikkörper wie C/C, C/SiC oder CMC (Ceramic Matrix Composite) in Form eines tribologischen Faserverbundbauteils zur Verfügung gestellt.

Insbesondere kann das Faserverbundbauteil aus einem Verband aus zumindest einer Preform und einem Gelege und/oder einem Gewebe und/oder Kurzfasern und/oder Filz

und/oder Vlies bestehen, das bzw. die aus Kohlenstoff bestehen oder in Kohlenstoff konvertierbar sind bzw. aus einer Kohlenstoff- oder einer keramischen Faser besteht.

Auch besteht die Möglichkeit, durch Bearbeiten der äußeren Lagen oder Schichten ein Faserverbundbauteil zur Verfügung zu stellen, dessen Außenlagen oder -schichten gleiche Faserorientierungen in der Ebene der Schicht bzw. Lage aufweisen.

Um Reibkräfte im erforderlichen Umfang aufnehmen zu können, wird vorgeschlagen, dass das Faserverbundbauteil so aufgebaut ist, das im Außenbereich Kurzfasern vorgesehen sind. Kurzfasern sind solche, die insbesondere eine mittlere Länge zwischen 1 mm und 20 mm aufweisen. Die Kurzfasern können z. B. in Form einer losen Schüttung oder eines Vlieses auf die TFP-Preform aufgebracht werden. Bei einer losen Schüttung werden Kurzfasern in einem Gesenk auf eine TFP-Preform aufgebracht, gepresst und gehärtet.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die TFP-Preform mit integral ausgebildeten Öffnungen und/oder Kanälen versehen ist, die während der Verdichtung mit verlorenen oder nicht verlorenen Kernen stabilisiert bzw. in der gewünschten Form enthalten sind. Entsprechend ausgebildete Kanäle können als Kühlkanäle dienen.

Auch kann das Faserverbundbauteil aus mehreren einteiligen Preformen zusammengesetzt sein, die miteinander vernäht sind.

Um eine dreidimensionale Verstärkung zu erzielen, können Verstärkungsfasern wie z. B. Kohlenstofffasern mit der Preform vernäht sein, wobei deren Anteil zwischen 1 % und 40 % der Gesamtfasern, insbesondere im Bereich zwischen 5 % und 20 % der Gesamtfasern beträgt.

Auch besteht die Möglichkeit, das Faserverbundbauteil aus ein oder mehreren Preformen herzustellen und/oder Rovings mit voneinander abweichender Fadenzahl zu verwenden. Auch können Rovings unterschiedlicher Längen- und/oder Flächenerstreckung benutzt werden.

Insbesondere zeichnet sich die Erfindung im Wesentlichen dadurch aus, dass die Struktur zumindest zwei TFP-Preformen aufweist, die vorzugsweise gleich oder im Wesentlichen gleich aufgebaut sind. Auch kann die Struktur gegebenenfalls mit Kernen versehene Aussparungen und/oder Kanäle aufweisen, die ihrerseits von Stegen begrenzt sind, die ebenfalls als TFP-Preformen ausgebildet sind, wobei die Verstärkungsfasern vorzugsweise sich kreuzend, vorzugsweise um einen Winkel von  $\pm 45^\circ$  sich kreuzend verlegt sind.

Die Verstärkungsfasern in der TFP-Preform, die aus einem oder mehreren übereinander angeordneten Schichten bestehen kann, sollten insbesondere derart verlegt sein, dass bei einer kreisscheibenförmigen Form die pyrolysierte Preform in ihrer radialen Abmessung der der Preform entspricht oder weitgehend entspricht.

Die Verstärkungsfasern der einzelnen Schichten oder Lagen sind ihrerseits mit der Basisschicht vernäht, die auf Kohlenstoffbasis, Aramid- und/oder Keramikfaserbasis und/oder Polymerfaserbasis aufgebaut sein kann.

Auch wenn grundsätzlich das Bestreben besteht, bei einigen tribologischen Körpern wie einer Kupplungsscheibe eine einzige TFP-Preform hinreichender Dicke zu verwenden, kann die Struktur auch zwei oder mehrere TFP-Preformen umfassen, die im Wesentlichen einen gleichen oder im Wesentlichen gleichen Aufbau aufweisen sollten.

Sofern eine TFP-Preform mehr als eine Lage oder Schicht aufweist, sollte die Anzahl bzw. Ausbildung derart ausgewählt werden, dass sich ein spiegelsymmetrischer Aufbau der TFP-Preform insbesondere in Bezug auf deren Mittensymmetrie ergibt, um beim fertigen Bauteil Verwerfungen oder einen Verzug auszuschließen.

Werden mehr Lagen oder Schichten benutzt, sollten zumindest einige dieser eine voneinander abweichende Faserorientierung in der Ebene der Schicht bzw. Lage aufweisen. So können z. B. in inneren Schichten, die an der Mittensymmetrieebene angrenzen, die Fasern radial verlegt sein, wohingegen die angrenzenden Schichten Fasern aufweisen,

die z. B. kreisringförmig verlegt sind. Ein evolvertenförmiger Verlauf oder ein tangentialer Verlauf ist gleichfalls denkbar. Ein tangentialer Verlauf ist dabei ein solcher, bei dem die Fasern tangential von einer zentralen Innenöffnung der Preform ausgehen.

Bei einer Struktur einer Bremsscheibe ist vorgesehen, dass zumindest zwei zueinander beabstandete TFP-Preformen über aus Verstärkungsfasern gebildete Stege verbunden sind.

Insbesondere ist vorgesehen, dass eine TFP-Preform in dem Bereich, in dem eine Krafteinleitung z. B. über eine Schraube, einen Bolzen oder eine Verzahnung erfolgt, eine Aufdickung aufweist, die Verstärkungsfasern enthält. In der Aufdickung können die Verstärkungsfasern z. B. sich kreuzend verlegt sein.

Unabhängig hiervon sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, dass insbesondere für eine Bremsscheibe bestimmte TFP-Preformen in ihren freien Außenflächen eine Vliesschicht aufweisen.

Weitere Einzelheiten Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1        eine Prinzipdarstellung einer für eine Kupplungsscheibe bestimmte Preform,
- Fig. 2        eine aus Preformen hergestellte 3D-Struktur bestimmt für eine Bremsscheibe,
- Fig. 3        eine Prinzipdarstellung einer für eine Kupplungsscheibe bestimmten Preform,

- Fig. 4 eine Prinzipdarstellung einer für eine Bremsscheibe bestimmten Preform,
- Fig. 5 eine Schnittdarstellung durch eine aus mehreren Preformen zusammengesetzte Struktur bestimmt für eine Bremsscheibe und
- Fig. 6 die Struktur gemäß Fig. 5 in Ansicht A und
- Fig. 7 einen prinzipiellen Aufbau einer TFP-Preform, die aus mehreren Schichten oder Lagen besteht.

In den Fig. sind rein beispielhaft Preformen dargestellt, aus denen ein Faserverbundbauteil in Form einer Brems- oder Kupplungsscheibe hergestellt wird. Hierzu wird die nachstehend näher zu erläuternde Preform in eine Form gebracht, unter Druck bei gleichzeitiger Wärmebehandlung ausgehärtet und sodann bei einer Temperatur von z. B. 500 °C bis 1450 °C, insbesondere im Bereich zwischen 900 °C und 1200 °C carbonisiert und gegebenenfalls sodann bei einer Temperatur zwischen 500 °C und 3000 °C, insbesondere im Bereich zwischen 1800 °C und 2500 °C graphitiert.

Unabhängig hiervon ist vorgesehen, dass die Struktur nach der Pyrolyse – gegebenenfalls nach einer Erstbearbeitung – siliziert wird, wobei insbesondere ein Kapillarprozess bei Temperaturen in einem Bereich von in etwa 1450 °C und in etwa 1850 °C durchgeführt wird.

Die Preform selbst kann vor oder nach dem Einbringen in die Form mit einem Monomeren oder insbesondere Polymeren wie Harz imprägniert werden. Anstelle und ergänzend zu den Monomeren bzw. Polymeren können auch thermoplastische Polymerfasern zur Bildung der Matrix benutzt werden.

Die Preform selbst wird nach der Tailored-Fiber-Placement-Technologie (TFP-Technologie) hergestellt. Hierzu werden Fasern auf einem Grundmaterial wie textiles Halbzeug oder Folie aufgenäht, wobei im gewünschten Umfang die zu vernähenden

Fasern aus Verstärkungsfasern bestehen oder diese enthalten. Als Verstärkungsfasern kommen Roving-Stränge bzw. Faserbänder aus Natur-, Glas-, Aramid-, Kohlenstoff- oder Keramikfasern zum Einsatz, um nur beispielhaft einige zu nennen.

Damit der aus einer oder mehreren Preformen hergestellte Faserverbundkörper eine belastungsgerechte Phasenorientierung aufweist, können die Fasern bzw. Faserstränge, die zu der Preform vernäht werden, gewünschte Orientierung aufweisen.

Das Grundmaterial – auch Basisschicht genannt – besteht insbesondere auf Kohlenstoffbasis, kann aber auch aus Aramid- und/oder Keramikfasern und/oder Kunststofffasern bestehen.

Werden auf eine entsprechende Basisschicht mehrere Schichten oder Lagen von Verstärkungsfasern aufgebracht, so werden diese grundsätzlich jeweils mit der Basisschicht vernäht. Als Nähfäden kommen Polymerfäden oder Kohlenstofffäden in Frage. Letztere werden dann bevorzugt gewählt, wenn die TFP-Preform bzw. das aus diesem hergestellte Bauteil eine gewünschte Wärmeleitfähigkeit in Bauteildickenrichtung aufweisen soll.

Zu der Basisschicht ist anzumerken, dass diese bei der weiteren Bearbeitung der Preform mit den Einzelschichten oder Lagen vernäht bleiben kann. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die Basisschicht vor der Weiterbehandlung entfernt wird.

So ist bei einer TFP-Preform 10 gemäß Fig. 1 vorgesehen, dass Verstärkungsfasern radial (Fasern 12), evolventenförmig (Fasern 14) oder tangential (Fasern 16) verlaufen, wobei die Grundstruktur der TFP-Preform 10 durch spiral- bzw. kreisförmig verlaufende Fasern 16 gebildet wird. Auch besteht die Möglichkeit, dass evolventenförmig verlaufende Fasern sich kreuzen (Bereich 20), um im gewünschten Umfang Faservolumengehalt bzw. Ablagedichte über der TFP-Preform 10 zu variieren, wodurch die gewünschte belastungsorientierte Ausbildung der TFP-Preform 10 sichergestellt wird.



Mittels der radial verlaufenden Fasern 12 können Fliehkräfte und mittels der tangential verlaufenden Fasern 16 Reibkräfte aufgenommen werden. Die evolventenförmig verlaufenden Fasern 14, 20 sind sowohl auf Flieh- als auch auf Reibkräfte ausgerichtet.

Zentral kann die TFP-Preform 10 mit zusätzlichen Verstärkungen ausgebildet sein, die durch eine hohe Faserdichte bzw. einen hohen Faservolumengehalt ausbildbar ist. Auch können zusätzliche Stegstrukturen (Bereich 24) ausgebildet sein.

Die die gewünschten Strukturen aufweisenden Bereiche 22, 24 werden mittels geeigneter Nähetechnik mit dem Grundmaterial der TFP-Preform 10 bzw. mit den vorhandenen Fasern vernäht.

In Fig. 2 sind zwei TFP-Preformen 26, 28 über Stege 30, 32, 34 gewünschter Geometrie miteinander verbunden, wobei die TFP-Preformen 26, 28 entsprechend den zuvor wiedergegebenen Erläuterungen bereichsweise in ihren Faservolumina, Ablagedichten und/oder in den Längen der verwendeten Fasern variieren können, um belastungsspezifische Eigenschaften zu erzielen.

Die Stege 30, 32, 34 selbst sind gleichfalls Preformen, die jedoch nicht zwingend, allerdings bevorzugt nach der TFP-Technologie hergestellt sein müssen.

Anhand der Fig. 3 bis 6 sollen weitere hervorzuhebende Merkmale der Erfindung erläutert werden. Auch ergeben sich hervorzuhebende erfinderische Verfahrensschritte zur Herstellung von tribologischen Bauteilen wie Kupplungs- und/oder Bremscheiben.

In Fig. 3 ist eine Preform 36 dargestellt, die aus mehreren Schichten oder Lagen 38, 40, 42, 44 besteht. Dabei ist die erste Schicht 38 in bekannter Weise auf einer Basisschicht 46 aufgebracht wie aufgenäht, die bei der weiteren Verarbeitung genutzt oder aber auch entfernt werden kann. Bei der Basisschicht kann es sich z.B. ein Gewebe, ein Vlies oder ähnliches handeln. Die erste Lage oder Schicht 38, die auf der Basisschicht 46 angeordnet ist, weist einen radialen Verlauf auf von Fasern auf. Die zweite Schicht oder Lage 30 zeigt eine kreisförmige Anordnung von Fasern. Die dritte Lage 32 umfaßt einen ra-

dialen Verlauf und die vierte Lage 44 einen kreisförmigen Verlauf von Fasern. Die Ablage der Kohlenstofffasern wurde dabei so gewählt, dass auch bei radialer Orientierung der Fasern eine ausgewogene und gleichmäßige Verteilung über die gesamte Kreisringfläche der Schichten oder Lagen 38 und 42 erfolgt.

Die Abmessungen der Preform 36 belaufen sich auf einen Außendurchmesser von in etwa 145 mm und einen Innendurchmesser (Loch) von in etwa 60 mm. Die Dicke kann in etwa 2,8 mm betragen.

Entsprechend aufgebaute Preformen 36, und zwar drei entsprechende TFP-Preformen 36 werden sodann mit einem Phenolharzsystem in einem Vakuumprozess imprägniert. Die nachfolgende Verdichtung der drei Preformen 36 zu einem Grünkörper wurde mittels einer Warmpresse bei einem Druck von z.B. 14 bar und bei einer Temperatur von in etwa 130 °C durchgeführt. Das Umwandeln des ausgehärteten Harzes in Kohlenstoff erfolgt in einem Pyrolyseprozess bei ca. 1200 °C.

Der so entstandene C/C-Körper weist eine Dichte von ca. 1,38 g/cm<sup>3</sup> bei einer Porosität von ca. 24 % auf. Während der Pyrolyse schrumpft das Bauteil in Dickenrichtung vom Grünkörpermaß 6,9 mm auf das Maß 6,15 mm. Auf Grund der Faseranordnung bleiben die Maße des Innen- und Außendurchmessers erhalten.

Der C/C-Körper wird vor der abschließenden Silizierung auf die Dimension 147 mm x 64 mm x 5,2 mm vorbearbeitet. Zu berücksichtigen ist hierbei die definierte Bearbeitung der späteren Reibflächen, so dass auf beiden Seiten der Scheibe die kreisförmige Faserorientierung zum Tragen kommt. Die Silizierung erfolgte mittels eines Kapillarenprozesses bei Temperaturen bis 1.700° C.

Die Siliziumaufnahme während der Umwandlung in einen C/C-SiC-Werkstoff betrug 75 Gew.-%. Der Werkstoff zeigt nun eine Dichte von 2,03 g/cm<sup>3</sup> bei einer offenen Porosität von 2,5 %.

Als letzter Bearbeitungsschritt erfolgt die Endbearbeitung und das Einbringen der Befestigungsbohrungen. Da auf Grund der speziellen Faserorientierung eine herkömmliche mechanische Untersuchung ungeeignet ist, wurden Schleuderversuche durchgeführt.

Bei fixer und spielfreier Aufnahme an vier Aufnahmebohrungen am Innendurchmesser wurde eine Berstdrehzahl von  $26.700 \text{ min}^{-1}$  erreicht. Der Bruch erfolgte an den Ausnahmebohrungen.

Vergleichende Untersuchungen mit einer gewebebasierenden Scheibe gleicher Abmessung zeigen eine Berstdrehzahl von  $19.500 \text{ min}^{-1}$ . Auch durchgeführte FE- (Finite Elemente) Analysen zeigen eine deutlich ausgewogenere Spannungsverteilung und Verformung unter Last.

Die erreichten Vorteile sind neben einer höheren Belastbarkeit auch der deutliche geringere Verschnitt bei der Herstellung. Die Formstabilität während der Herstellung gestattet es, near-net-shape zu fertigen. Weiterhin ist es möglich für die tribologischen Eigenschaften die Faserorientierung im Reibbereich zu variieren.

Eine so hergestellte Kupplungsscheibe, die aus drei Preformen besteht, wobei jede der Fig. 3 zu entnehmenden entsprechend aufgebaut ist, weist Endabmessungen von  $145 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 2,8 \text{ mm}$  auf. Dabei sind die Preformen derart übereinander angeordnet, um den Grünling zu bilden, dass nach der Endbearbeitung die Außenschichten eine kreisförmige Faserorientierung aufweisen.

Anhand der Fig. 4 bis 6 soll die erfindungsgemäße Lehre an einer innenbelüfteten Bremsscheibe erläutert werden, die Endmaße von in etwa Außendurchmesser  $310 \text{ mm}$ , Innendurchmesser  $140 \text{ mm}$  und Höhe  $28 \text{ mm}$  aufweisen.

Als Basiskomponenten bzw. Verstärkungen der Bremsscheibe dienen ebenfalls TFP-Preformen, von denen eine in der Fig. 4 dargestellt und mit dem Bezugszeichen 48 versehen ist. Die bei der fertigen Bremsscheibe einen Reibring bildende Preform 48 besteht aus Einzellagen oder Schichten 50, 52, 54, 56, die in TFP-Technologie miteinander ver-

bunden wie vernäht sind, wobei die unterste Lage 50 von einer Basisschicht oder -lage 58 ausgeht, die bei den weiteren Bearbeitungsschritten vorhanden sein kann. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Vielmehr kann die Basisschicht 58 auch zuvor entfernt werden.

Die Schichten 50, 52, 54 und 56 sind in Bezug auf die Verlegerichtung der Verstärkungsfasern derart ausgelegt, dass die äußeren Schichten 50, 56 radial verlaufende Verstärkungsfasern und die inneren Schichten 52, 54 evolventenförmig verlaufende Verstärkungsfasern enthalten bzw. aus diesen aufgebaut sind.

Die Bremsscheibe weist zwei aus Preformen hergestellte und über Stege beabstandete Reibringe auf, die einen grundsätzlichen Aufbau aufweisen, der der Preform 48 entspricht.

In den Fig. 4 und 5 wird zur Herstellung einer innenbelüfteten Bremsscheibe eine äußere Preform 60 mit einer inneren Preform 42 über Stege 64, 66 verbunden wie insbesondere vernäht. Dabei ist der Aufbau einer jeden Preform 60, 62 erwähnenswertenmaßen entsprechend dem der Preform 48 mit der Einschränkung, dass die untere Preform 62, d. h. diejenige, aus der die untere Reibschicht der Bremsscheibe gebildet wird, eine innen-seitig verlaufende Aufdickung 68 aufweist, in der die Fasern zueinander kreuzend um einen Winkel von in etwa  $45^\circ$  verlegt sind. Der jeweilige Steg 64, 66 weist in diesem inneren Randbereich, der durch die Aufdickung 68 gebildet ist, einen entsprechenden Ausschnitt 70 auf, um formschlüssig auf der unteren Preform 62 aufzuliegen.

Die Stege 64, 66 bestehen ebenfalls - wie die Schnittdarstellung gemäß Fig. 4 andeutet - aus einer Kreuzfaserstruktur, wobei die Fasern sich unter einem Winkel von in etwa  $45^\circ$  schneiden. Die Stege 64, 66 sind dabei als Preform auf ein Faservorvolumen von 48 % vernäht. Ferner ist den Fig. 4 und 5 zu entnehmen, dass auf den Außenflächen der Preformen 60, 62 Schichten wie Vliesschichten 72, 74 angeordnet sind. Alle, d. h. die Preformen 60, 62, die Stege 64, 66 sowie die Vliesschichten 72, 74 sind zu einer Gesamtstruktur vernäht und bilden die spätere Bremsscheibe.

Die so gebildete Gesamtstruktur wird sodann in einem Harzbad mit Phenolharz imprägniert. Anschließend werden zwischen die Stege – im Ausführungsbeispiel 12 – verlorene Kerne basierend auf einem hochgefüllten Polymer mit Hilfe einer Spannvorrichtung eingebracht und mit einem Spannband fixiert. Ein entsprechend vorbereiteter Körper wird anschließend unter einem Druck von ca. 4 bar und bei einer Temperatur von ca. 120 °C warmgepresst. Während einer nachgeschalteten Temperaturbehandlung von ca. 250 °C werden die Kerne entfernt. Anschließend erfolgt eine Pyrolyse bei ca. 1000 °C, wobei zuvor die Kühlkanäle mit wiederverwendbaren Graphitkernen stabilisiert werden.

Anzumerken ist, dass die Vliese 72, 74, die aus C-Monofilamenten und eine C-haltigen Füllstoff bestehen können, vor oder nach dem Imprägnieren auf die Außenfläche der TFP-Preformen 60, 62 aufgebracht sein können.

Nach der Pyrolyse erfolgt eine Erstbearbeitung mit Aufmaßung von 0,5 bis 1 mm sowie das Freidrehen des Befestigungsbereichs der aus der Preform 62 mit Vlies 74 gebildeten unteren Reibscheibe.

Die Silizierung der pyrolysierten Struktur wird in einem Kapillarprozess bei Temperaturen von ca. 1500 °C durchgeführt.

Eine so hergestellte Bremsscheibe nimmt während der Silizierung 50 Gew.-% Silizium auf. Die Dichte der Bremsscheibe beträgt in etwa 1,96 g/cm<sup>3</sup> und weist eine offene Porosität von ca. 4,5 % auf.

In Fig. 7 ist rein prinzipiell ein Querschnitt durch eine TFP-Preform 76 wiedergegeben, um zu verdeutlichen, dass diese in Bezug auf ihre Mittensymmetrieebene 78 gleich aufgebaut sein sollte. So grenzen zu jeder Seite der Mittensymmetrieebene 78 Lagen oder Schichten 80, 82 an, die in Bezug auf ihre Fasern eine gleiche Orientierung A aufweisen. Die angrenzenden äußeren Schichten oder Lagen 84, 86 zeigen zwar eine abweichende Orientierung zu der der Lagen 80, 82, weisen ihrerseits jedoch eine gleiche Lagenorientierung auf, wie durch die Kennzeichnung B verdeutlicht werden soll.

In den Schichten 80, 82 können die Fasern radial orientiert sein. In den äußeren Schichten 84, 86 kann ein kreisringförmiger, evolventenförmiger oder tangentialer Verlauf vorgesehen sein.

Durch die diesbezüglichen Maßnahmen bzw. Symmetrie zu der Mittensymmetrieebene 78 ist sichergestellt, bis das fertige tribologische Bauteil verzugs- und verwindungsfrei ist.

Eine Symmetrie kann auch dadurch erzielt werden, dass äußere Schichten bearbeitet werden in einem Umfang, bis die gewünschte gleiche Faserorientierung vorliegt.

Als tribologische Bauteile kommen nicht nur Brems- und Kupplungsscheiben, sondern auch Reibbelege, Gleitbelege, Dicht- und Gleitringe, Gleithülsen, Schieber, Gleitlager, Kugel- und Wälzlager in Frage, um nur einige weitere Beispiele zu nennen.

## Patentansprüche

### Tribologisches Faserverbundbauteil

1. Tribologisches Faserverbundbauteil in Form insbesondere einer Brems- oder Kupplungsscheibe unter Verwendung einer Struktur mit zumindest einer zumindest eine beanspruchungsgerechte Verstärkungsfaserablage aufweisenden TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76), wobei die Struktur durch Materialabscheidung aus der Gasphase stabilisiert und/oder mit einem Monomer und/oder Polymer versehen, gehärtet und pyrolysiert ist.
2. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur durch insbesondere CVI-Abscheidung mit z. B. C, SiC, B<sub>4</sub>C und/oder Si stabilisiert ist.
3. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur nach der Pyrolyse siliziert ist.
4. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zumindest eine TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) aus Bereichen oder Schichten besteht, die in ihrem Faservolumen und/oder ihrer Ablagedichte und/oder ihrer Faserlänge und/oder ihrer Faserverlegerichtung voneinander abweichen.
5. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur zumindest zwei TFP-Preformen (26, 28, 60, 62) aufweist, die vorzugsweise gleich oder im Wesentlichen gleich aufgebaut sind.

6. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur gegebenenfalls mit Kernen versehene Aussparungen und/oder Kanäle aufweist.
7. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Faserverbundbauteil aus einem Verbund aus zumindest einer TFP-Preform (60, 62) und einem Gelege und/oder Gewebe und/oder Kurzfasern und/oder Filz und/oder Vlies (72, 74) besteht, 1391
8. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (60, 62) außenseitig mit einer Schicht (72, 74) aus Kurzfasern versehen ist.
9. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) Rovings mit voneinander abweichender Fadenzahl aufweist.
10. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) Verstärkungsfasern in Form von Rovingsträngen bzw. Faserbändern aufweist.
11. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) Verstärkungsfasern in Form von Natur-, Glas-, Aramid-, Kohlenstoff- und/oder Keramikfasern aufweist.



12. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (36, 48, 76) aus mehreren Schichten (38, 40, 42, 44, 50, 52, 56, 80, 82, 84, 86) verlegter Verstärkungsfasern besteht, wobei Verlegerichtung der Verstärkungsfasern aufeinanderfolgender Schichten voneinander abweichen.
13. Faserverbundbauteil nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern in einer Schicht (38, 42, 50, 56) radial verlaufen.
14. Faserverbundbauteil nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern in einer Schicht (40, 44) kreisringförmig verlaufen.
15. Faserverbundbauteil nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern in einer Schicht (52, 54) evolventenförmig verlaufen.
16. Faserverbundbauteil nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern (16) in einer Schicht ausgehend von deren mittlerer Öffnung zu dieser tangential verlaufen.
17. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern derart verlegt sind, dass bei einer kreisscheibenförmigen TFP-Preform ((10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) die pyrolysierte Preform in ihrer radialen Abmessung der der Preform entspricht oder weitgehend entspricht.

18. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern mit Polymerfasern und/oder Kohlenstofffasern ver-  
näht sind.
19. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verstärkungsfasern der TFP-Preform (10, 26, 28, 36, 48, 60, 62, 76) auf  
einer Basisschicht (46, 58) auf Kohlenstoffbasis, Aramid- und/oder Keramikfa-  
serbasis und /oder einem Vlies aufgenäht sind.
20. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur einer Kupplungsscheibe aus zumindest zwei TFP-Preformen  
(36, 48) gleichen oder im Wesentlichen gleichen Aufbaus besteht.
21. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (48, 76) aus mehreren Schichten (50, 52, 54, 80, 82, 84,  
86) besteht, wobei die Schichten in ihrer Faserorientierung symmetrisch oder im  
Wesentlichen symmetrisch zur Mittensymmetrieebene (78) der TFP-Preform  
verlegt sind.
22. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1 oder Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (36, 48) aus zumindest zwei Schichten (38, 40, 42, 44, 50,  
52, 54, 56) oder Lagen besteht, wobei eine der Schichten bzw. Lagen (38, 42)  
aus radial verlegten Verstärkungsfasern und die verbleibende Schicht oder Lage  
(40, 44) aus ringförmig verlegten Verstärkungsfasern aufgebaut ist.

23. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1 oder Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass übereinander angeordnete Schichten oder Lagen (38, 40, 42, 44, 50, 52, 54, 56) der TFP-Preform jeweils mit der Basisschicht (46, 58) vernäht sind.
24. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (48, 76) in ihren Außenflächen bzw. -schichten (50, 56, 84, 86) Fasern gleicher oder im Wesentlichen gleicher Orientierung aufweist.
25. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Struktur einer Bremsscheibe aus zumindest zwei zueinander beabstandeten TFP-Preformen (26, 28, 60, 62) besteht, die über aus Verstärkungsfasern gebildeten Stege (30, 32, 34, 44, 46) verbunden sind.
26. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (62) im Bereich eines Krafteinleitungspunktes eine durch Verstärkungsfasern gebildete Verdickung (68) aufweist.
27. Faserverbundbauteil nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Verdickung (68) die Verstärkungsfasern sich kreuzend verlegt sind.
28. Faserverbundbauteil nach Anspruch 25,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in den Stegen (64, 66) die Verstärkungsfasern sich kreuzend verlegt sind.

29. Faserverbundbauteil nach Anspruch 1 oder 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die TFP-Preform (60, 62) auf ihrer freien Außenfläche eine Vliesschicht  
(72, 74) aufweist.

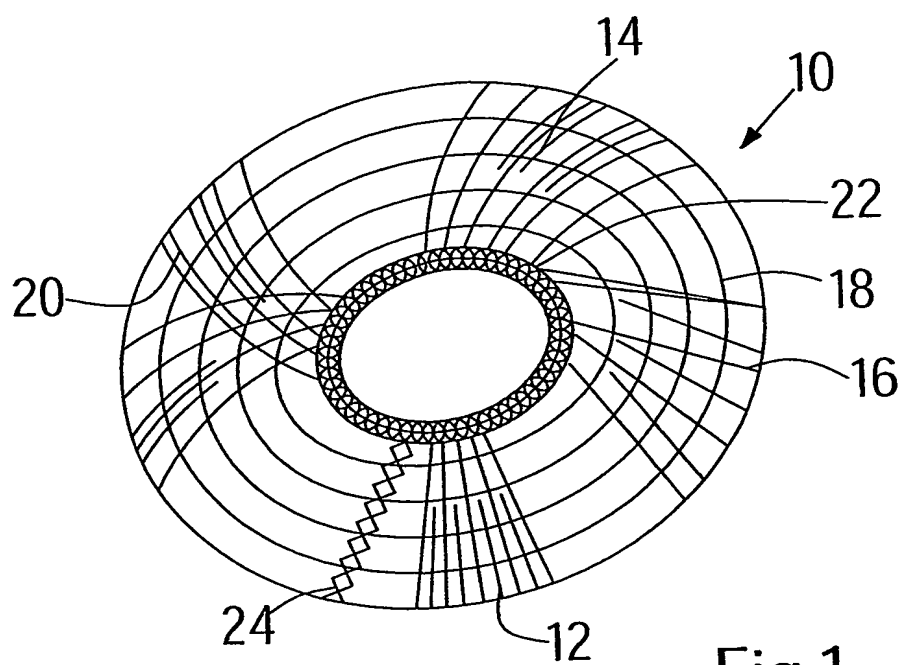


Fig.1

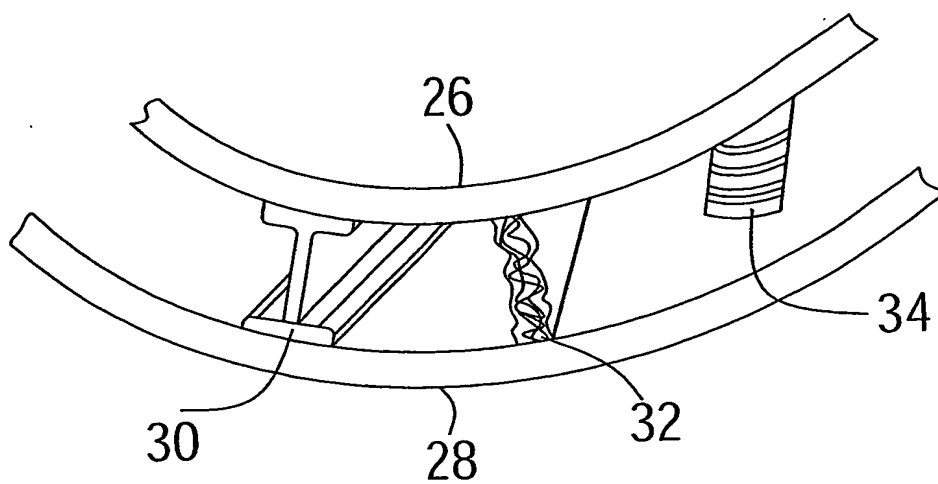


Fig.2

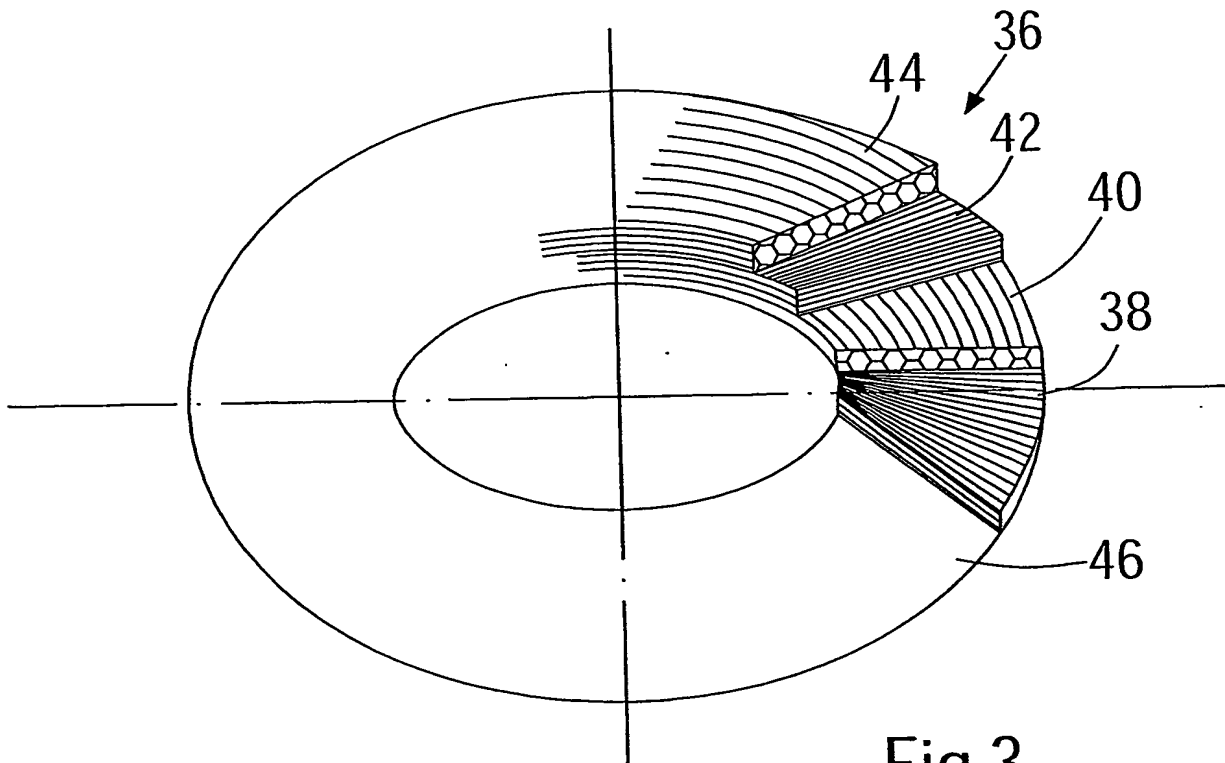


Fig.3

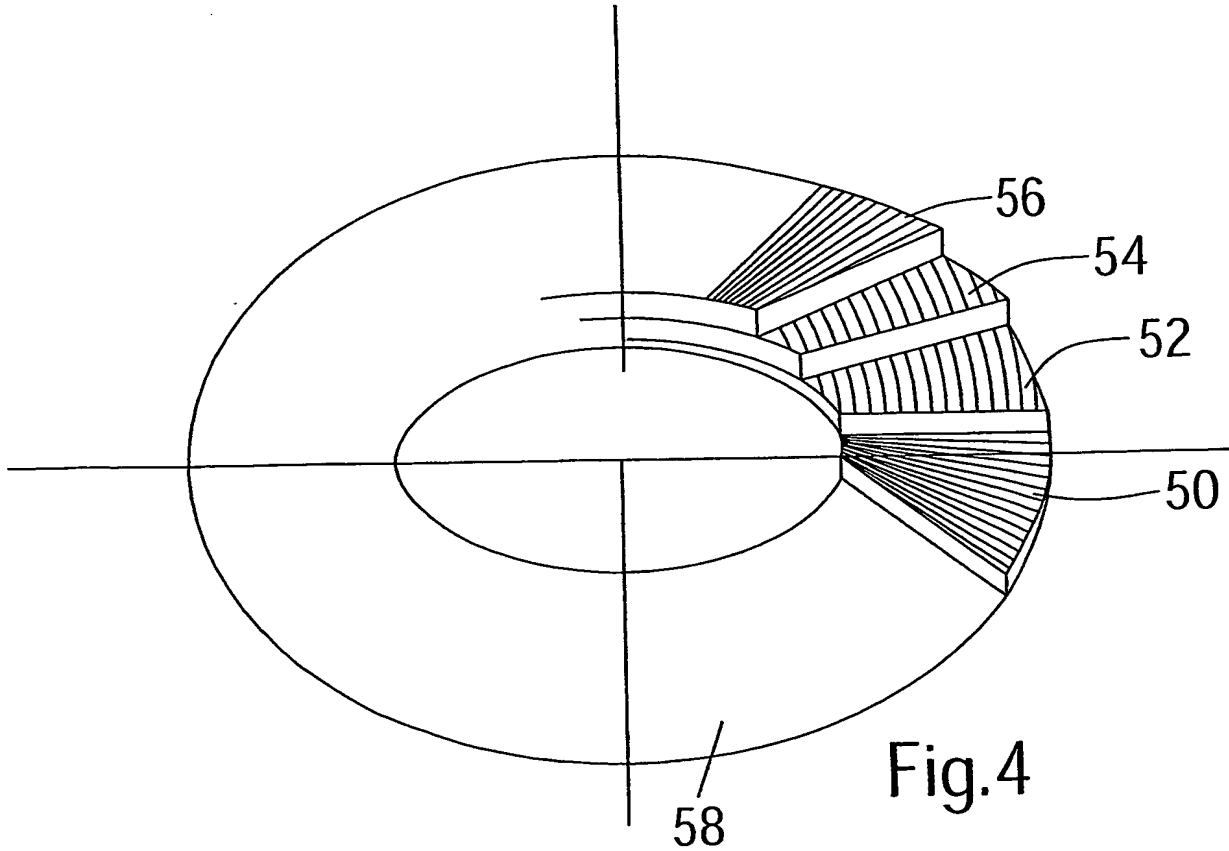


Fig.4

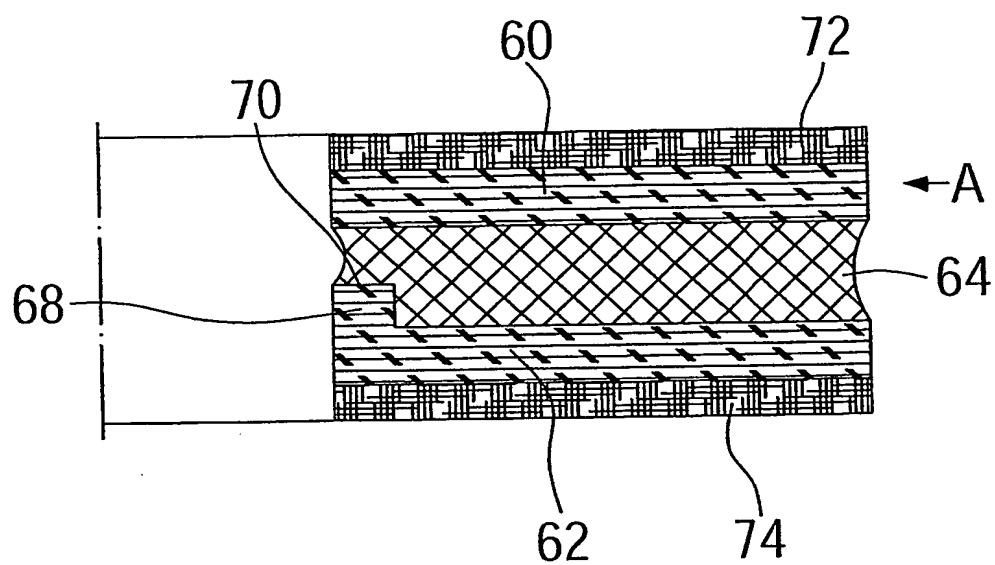


Fig.5

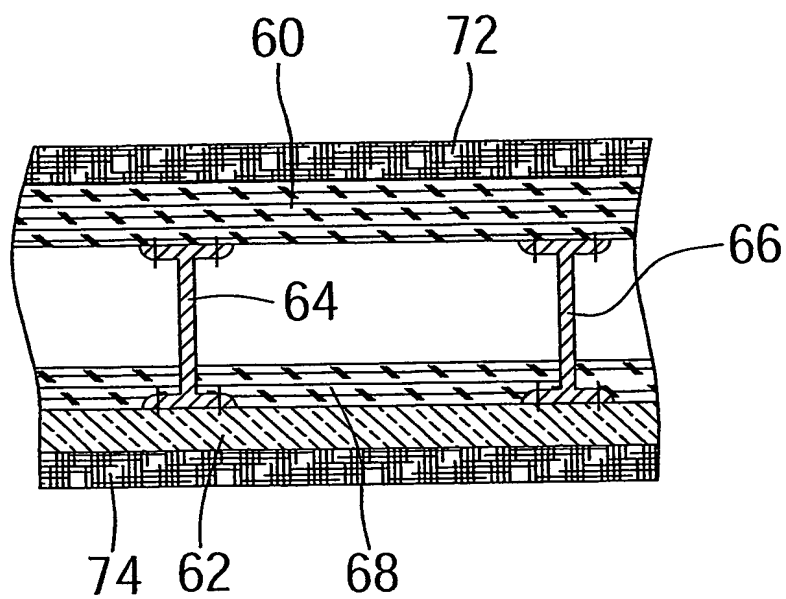


Fig.6

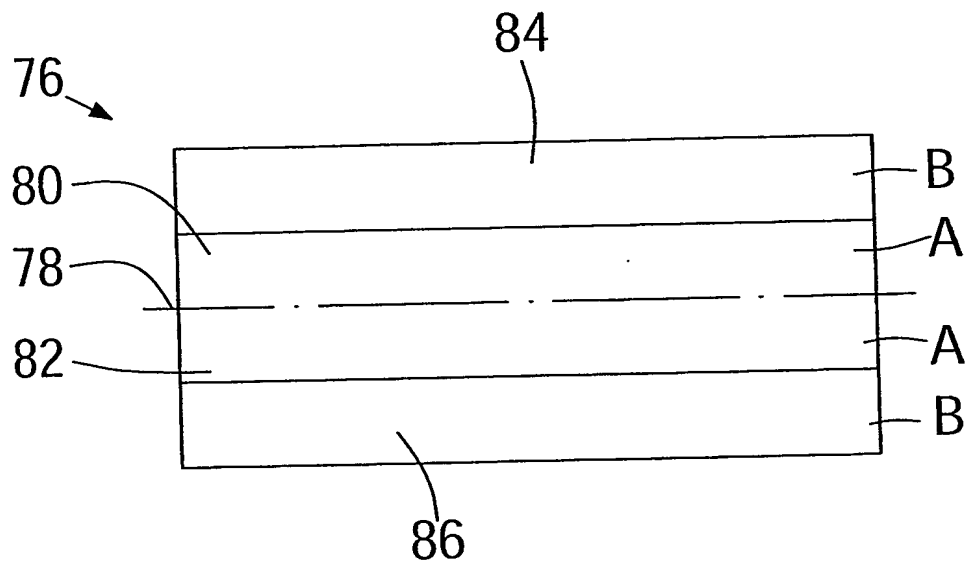


Fig.7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. . . .

PCT/EP 03/06111

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F16D69/02 C04B35/80 B32B5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F16D C04B B32B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 754 031 A (CARBONE IND) 3 April 1998 (1998-04-03)  figures 1,6 claims 1,3,10,20 example 1 page 5, line 33 -page 6, line 4 page 3, line 31 -page 4, line 3 page 2, line 8-24 page 1, line 1-14  ---	1-5,7,8, 11,12, 18,29
X	EP 0 748 781 A (GOODRICH CO B F) 18 December 1996 (1996-12-18)  figure 1; example 2 column 11, line 28-52 column 1, line 1-21  ---  -/--	1,2,10, 11,15, 17,18, 26,27

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2003

Date of mailing of the international search report

22/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stabel, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/06111

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 042 935 A (KRENKEL WALTER ET AL) 28 March 2000 (2000-03-28) claims 1-3,7,8,17,18 column 9, line 17-39 column 4, line 43-49 column 5, line 3-16 column 5, line 55-61 column 2, line 54-57 -----	1,3-6, 11,12,25
T	P. MATTHEIJ, K. GLIESCHE, D. FELTIN, "3D reinforced stitched carbon/epoxy laminates made by tailored fibre placemnet" COMPOSITES PART A APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING, 1 March 2000 (2000-03-01), pages 571-581, XP002253608 the whole document -----	1-29

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 03/06111

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2754031	A	03-04-1998	FR 2754031 A1 03-04-1998
			AU 1034597 A 24-04-1998
			CN 1234858 A , B 10-11-1999
			DE 69627542 D1 22-05-2003
			EP 0931225 A1 28-07-1999
			WO 9814716 A1 09-04-1998
			HU 9904106 A2 28-04-2000
			JP 2001501572 T 06-02-2001
			KR 2000048719 A 25-07-2000
			RU 2181450 C2 20-04-2002
EP 0748781	A	18-12-1996	US 5217770 A 08-06-1993
			EP 0748781 A2 18-12-1996
			CA 2076196 A1 16-02-1993
			CA 2203840 A1 16-02-1993
			DE 69218696 D1 07-05-1997
			DE 69218696 T2 30-10-1997
			EP 0528336 A2 24-02-1993
			JP 5193030 A 03-08-1993
			US 5312660 A 17-05-1994
US 6042935	A	28-03-2000	DE 4438456 A1 02-05-1996
			WO 9613471 A1 09-05-1996
			EP 0797555 A1 01-10-1997
			JP 3053874 B2 19-06-2000
			JP 10507733 T 28-07-1998

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen ...

PCT/EP 03/06111

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F16D69/02 C04B35/80 B32B5/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F16D C04B B32B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 754 031 A (CARBONE IND) 3. April 1998 (1998-04-03)  Abbildungen 1,6 Ansprüche 1,3,10,20 Beispiel 1 Seite 5, Zeile 33 -Seite 6, Zeile 4 Seite 3, Zeile 31 -Seite 4, Zeile 3 Seite 2, Zeile 8-24 Seite 1, Zeile 1-14	1-5,7,8, 11,12, 18,29
X	EP 0 748 781 A (GOODRICH CO B F) 18. Dezember 1996 (1996-12-18)  Abbildung 1; Beispiel 2 Spalte 11, Zeile 28-52 Spalte 1, Zeile 1-21	1,2,10, 11,15, 17,18, 26,27
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stabel, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/06111

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>US 6 042 935 A (KRENKEL WALTER ET AL)  28. März 2000 (2000-03-28)  Ansprüche 1-3,7,8,17,18  Spalte 9, Zeile 17-39  Spalte 4, Zeile 43-49  Spalte 5, Zeile 3-16  Spalte 5, Zeile 55-61  Spalte 2, Zeile 54-57</p>	<p>1,3-6,  11,12,25</p>
T	<p>P. MATTHEIJ K. GLIESCHE D. FELTIN: "3D  reinforced stitched carbon/epoxy laminates  made by tailored fibre placemnet"  COMPOSITES PART A APPLIED SCIENCE AND  MANUFACTURING,  1. März 2000 (2000-03-01), Seiten  571-581, XP002253608  das ganze Dokument</p>	<p>1-29</p>

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/06111

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2754031	A	03-04-1998	FR 2754031 A1 03-04-1998
		AU 1034597 A	24-04-1998
		CN 1234858 A , B	10-11-1999
		DE 69627542 D1	22-05-2003
		EP 0931225 A1	28-07-1999
		WO 9814716 A1	09-04-1998
		HU 9904106 A2	28-04-2000
		JP 2001501572 T	06-02-2001
		KR 2000048719 A	25-07-2000
		RU 2181450 C2	20-04-2002
EP 0748781	A	18-12-1996	US 5217770 A 08-06-1993
		EP 0748781 A2	18-12-1996
		CA 2076196 A1	16-02-1993
		CA 2203840 A1	16-02-1993
		DE 69218696 D1	07-05-1997
		DE 69218696 T2	30-10-1997
		EP 0528336 A2	24-02-1993
		JP 5193030 A	03-08-1993
		US 5312660 A	17-05-1994
US 6042935	A	28-03-2000	DE 4438456 A1 02-05-1996
		WO 9613471 A1	09-05-1996
		EP 0797555 A1	01-10-1997
		JP 3053874 B2	19-06-2000
		JP 10507733 T	28-07-1998